

Акрам Х. Абед^{1, 2}, С. Е. Щеклеин¹, А. М. Балдин¹

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Технический университет, Ирак

akraaam82@yahoo.com

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА ШАРОВОГО ЭЛЕМЕНТА, РАСПОЛОЖЕННОГО В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КАНАЛЕ

В работе представлено описание конструкции, методики исследований и тестовые результаты экспериментального исследования вынужденного конвективного теплообмена между потоком газа и гладким твердотельным шаровым элементом, расположенным в цилиндрическом канале, при различных тепловых потоках и числах Рейнольдса (2500–55000).

Ключевые слова: теплообмен; вынужденная конвекция; шар.

Akram H. Abed^{1, 2}, S. E. Shcheklein¹, A. M. Baldin¹

¹Ural Federal University, Ekaterinburg

²University of Technology, Iraq

EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR THE STUDY OF THE HEAT TRANSFER OF A SPHERE ELEMENT LOCATED IN A CYLINDRICAL CHANNEL

The paper presents the main results of an experimental study of forced convective heat transfer between gas flow and smooth, solid sphere located in a cylindrical channel under different heat fluxes and range of Reynolds number (2500–55000).

Keywords: heat transfer; forced convective; sphere.

В настоящее время применение вынужденного конвективного теплообмена от шаровых элементов к газовой среде широко распространено во многих дисциплинах и различных областях науки

и техники. Шаровые элементы используются в атомной энергетике, также в качестве катализаторов и т. д. [1, 3]. Для обозначения таких шаровых элементов используется широко распространенный термин «ТВЭЛ», относящийся как к топливным элементам ядерных установок, так и к другим технологическим устройствам с внутренним тепловыделением [4]. Данная работа является продолжением экспериментальных исследований взаимодействия газового потока с шаровыми элементами при осевом течении теплоносителя в канале.

Для проведения необходимых измерений была разработана экспериментальная установка. На кафедре атомных станций и возобновляемых источников энергии была выбрана специальная площадка для установки стенда и подобрано необходимое оборудование. Экспериментальная установка состоит из воздушной подсистемы, испытываемого образца с нагревательным элементом и системы сбора данных. Принципиальная схема экспериментального стенда представлен на рис. 1. Воздушная подсистема представляет собой трубу из прозрачного оргстекла (диаметр 50 мм, толщина стенки 3 мм, общая длина 940 мм). Электрический воздушный насос (3000 об/мин, 1000 Вт), регулируемый автотрансформатором, используется для управления скоростью потока воздуха. На одной оси с воздушной подсистемой находится трубка Пито с цифровым манометром для измерения скорости главного потока. Испытываемый образец представляет собой медный шар (диаметр 34 мм), помещённый во входящий поток, и кормовая часть которого закреплена текстолитовым стержнем ($k = 0,023 \text{ Вт/(м·К)}$, диаметр 4 мм), проведённым через трубу. Испытываемый шар нагревается резистивным электронагревателем из нержавеющей стали (диаметр 8 мм и длина 31 мм). Максимальная мощность электронагревателя – 100 Вт, входная мощность измеряется цифровым мультиметром APPA109N с погрешностью, не превышающей 0,06 %.

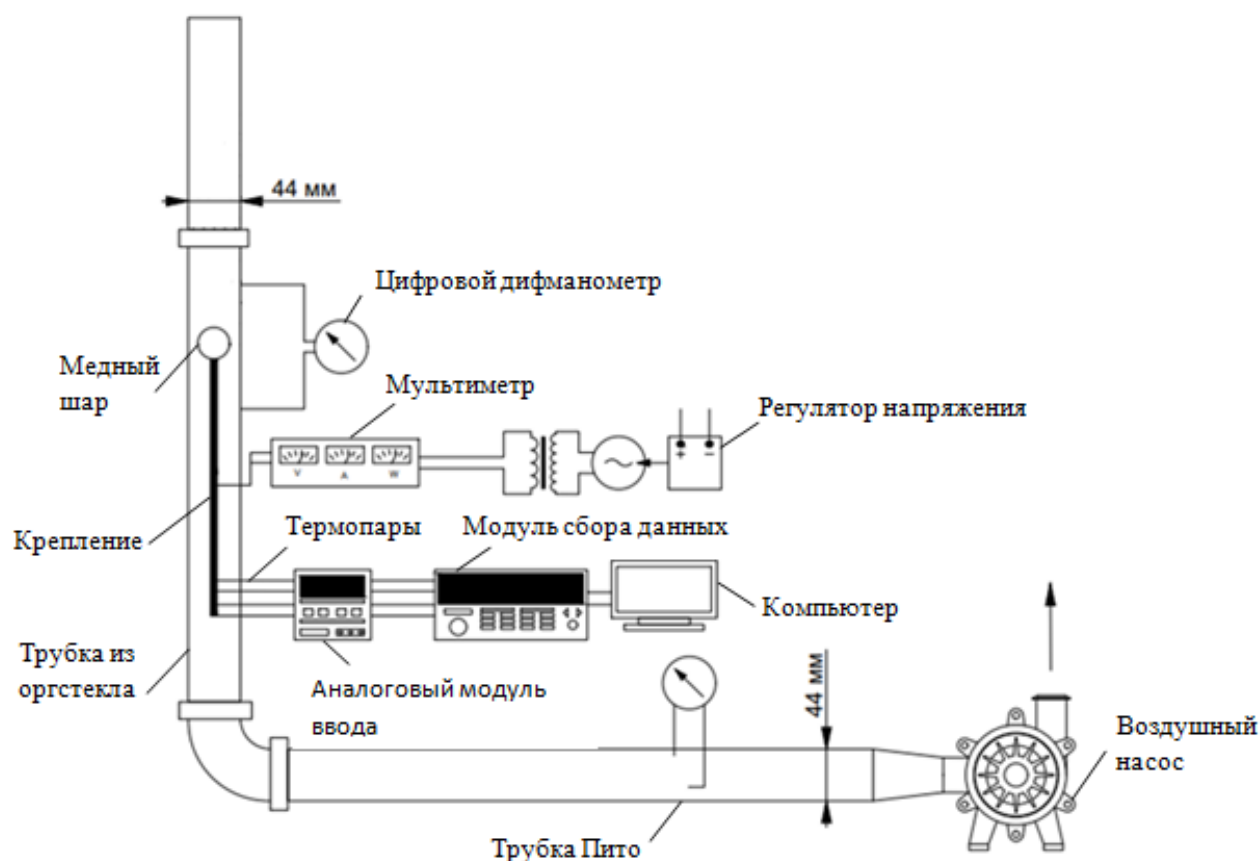


Рис. 1. Схема конструкции экспериментальной установки

Входная мощность регулируется автотрансформатором для обеспечения требуемого теплового потока. Для увеличения теплопередачи от электронагревателя к испытываемой сфере была использована теплопроводящая паста. Для измерения температур были использованы пять хромель-алюмелевых термопар: две термопары помещены в медный шар, одна термопара помещена в начало потока, оставшиеся две пары помещены на выходе потока. Термопары были закреплены в сферу в просверленные углубления (диаметр 1 мм). Все термопары проведены к системе сбора данных, состоящей из модуля ввода аналоговых сигналов ОВЕН МВ110-8А и модуля сбора данных МСД-200. Результаты экспериментального исследования параметров теплообмена (температуры поверхности, коэффициентов теплоотдачи) при различных тепловых потоках, числах Рейнольдса представлены на рис. 2.

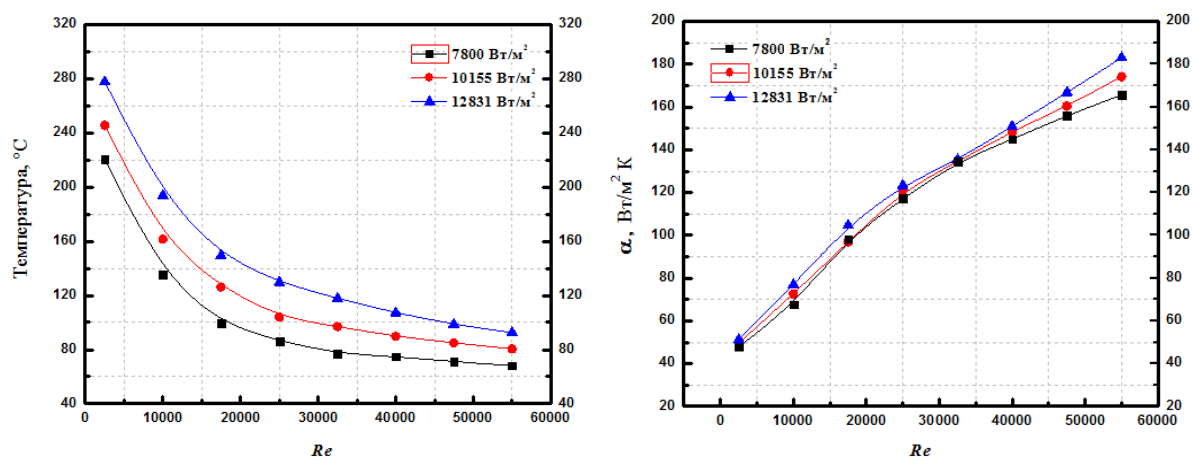


Рис. 2. Изменение температуры поверхности и коэффициента теплоотдачи шара зависимости от числа Рейнольдса при различных тепловых потоках

На графиках можно увидеть, что температура поверхности при однофазном потоке, как правило, постепенно уменьшаться с ростом числа Рейнольдса.

Разработанный экспериментальный стенд и методы измерения позволяют получать информацию о стационарном процессе теплообмена при обтекании тел сложной формы.

Список использованных источников

1. Yuge, T. Experiments on Heat Transfer From Spheres Including Combined Natural and Forced Convection // Journal of Heat Transfer. – 1960. Vol. 82, Iss. 3. P. 214.
2. Will, J., Kruyt, N. and Venner, C. An experimental study of forced convective heat transfer from smooth, solid spheres // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2017. – Vol. 109. P. 1059–1067.
3. Климова В. А., Немихин Ю. Е., Щеклеин С. Е. Установка для экспериментальной верификации результатов компьютерного моделирования гидродинамики обтекания тел вращения газовыми потоками // Альтернативная энергетика и экология : международный научный журнал. 2015. № 8–9 (172–173). С. 33–40.
4. Гольдштик, М. А. Процессы переноса в зернистом слое / М. А. Гольдштик, Акад. наук СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т теплофизики. – Новосибирск : Ин-т теплофизики, 1984. – 163 с.